

Method for producing metal wheels

Patent number: DE19727599
Publication date: 1999-01-07
Inventor: DIETZEL KLAUS (DE); LUEDERS KATRIN (DE)
Applicant: VOLKSWAGENWERK AG (DE)
Classification:
- **international:** B23P13/00; B21D26/02; B60B21/00; B21D53/30
- **european:** B21D26/02H; B21D53/30
Application number: DE19971027599 19970628
Priority number(s): DE19971027599 19970628

Report a data error here

Abstract of DE19727599

The method includes the following steps: (a) production of a cylindrical pipe segment; (b) introduction of this segment into a forming tool (2); (c) expansion of the segment in the forming tool by internal high pressure forming to produce the wheel rim (10); (d) joining of the rim to a separately produced wheel disk or star, after removal of the rim from the forming tool. The claimed forming tool consists of two parts (16,18) forming a rotationally symmetric cavity for the pipe segment, with means for introduction of a pressurised medium into the interior of the pipe segment. A part of the surface (32) of the forming tool have profile corresponding to the wheel to be produced. The forming surface has at least two regions (34) which have a larger diameter and are separated from one another by a region (32) with a smaller diameter.

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

T 4/19/1

4/19/1 (Item 1 from file: 351)
DIALOG(R)File 351:Derwent WPI
(c) 2005 Thomson Derwent. All rts. reserv.

012265640 **Image available**

WPI Acc No: 1999-071746/199907

XRPX Acc No: N99-052439

Method for producing metal wheels - involves expanding pipe segment by
high internal pressure in a forming tool generated by pressure medium

Patent Assignee: VOLKSWAGEN AG (VOLS)

Inventor: DIETZEL K; LUEDERS K

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
DE 19727599	A1	19990107	DE 1027599	A	19970628	199907 B

Priority Applications (No Type Date): DE 1027599 A 19970628

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan Pg	Main IPC	Filing Notes
DE 19727599	A1	11	B23P-013/00	

Abstract (Basic): DE 19727599 A

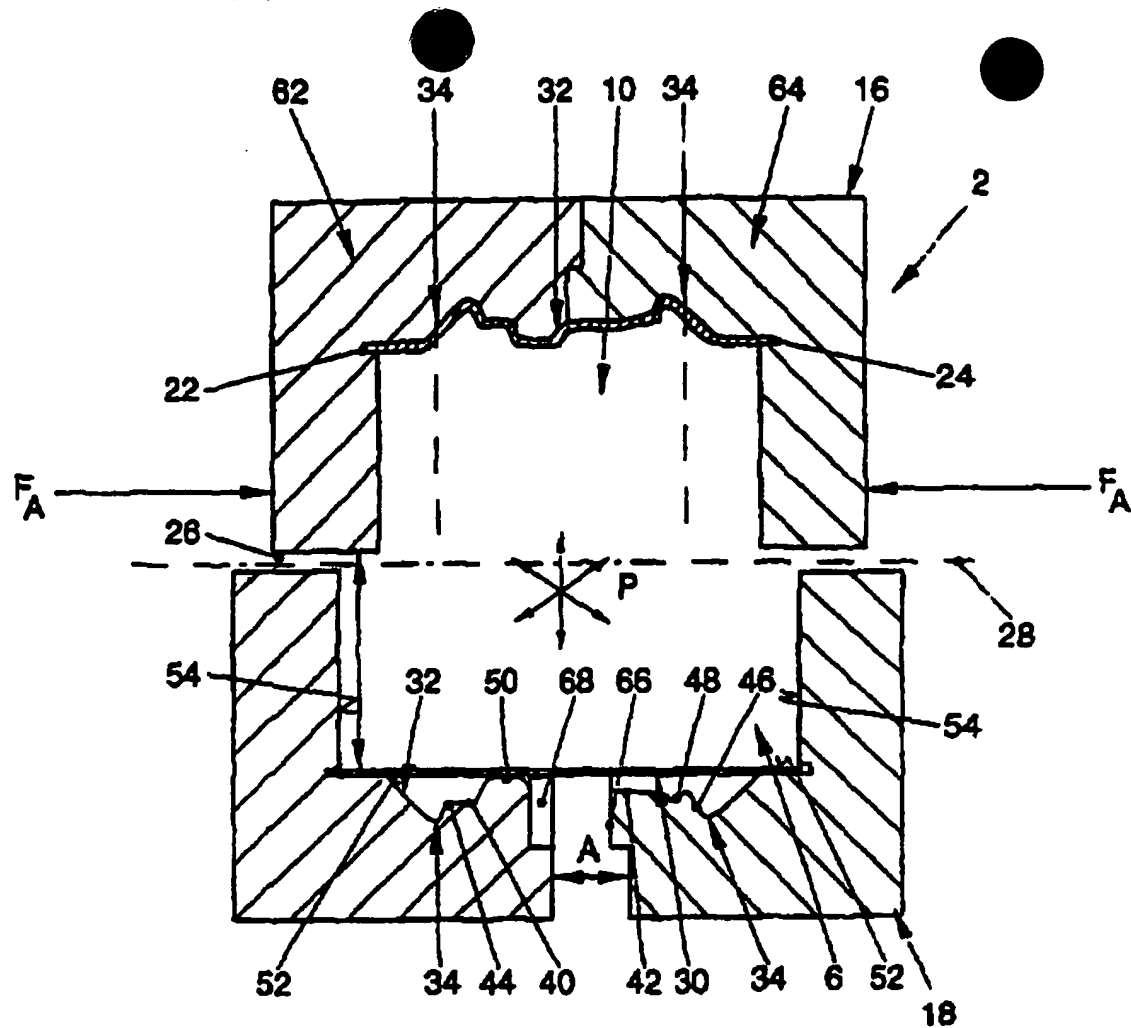
The method includes the following steps: (a) production of a cylindrical pipe segment; (b) introduction of this segment into a forming tool (2) ; (c) expansion of the segment in the forming tool by internal high pressure forming to produce the wheel rim (10) ; (d) joining of the rim to a separately produced wheel disk or star, after removal of the rim from the forming tool.

The claimed forming tool consists of two parts (16,18) forming a rotationally symmetric cavity for the pipe segment, with means for introduction- of a pressurised medium into the interior of the pipe segment. A part of the surface (32) of the forming tool have profile corresponding to the wheel to be produced. The forming surface has at least two regions (34) which have a larger diameter and are separated from one another by a region (32) with a smaller diameter.

USE - In particular, for production of light metal wheels for motor vehicles.

ADVANTAGE - The number of required operations to produce a wheel is reduced.

Dwg.1/5



Title Terms: METHOD; PRODUCE; METAL; WHEEL; EXPAND; PIPE; SEGMENT; HIGH;
INTERNAL; PRESSURE; FORMING; TOOL; GENERATE; PRESSURE; MEDIUM

Derwent Class: P52; P56; Q11

International Patent Class (Main): B23P-013/00

International Patent Class (Additional): B21D-026/02; B21D-053/30;
B60B-021/00

File Segment: EngPI

?

⑪ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 197 27 599 A 1**

⑲ Aktenzeichen: 197 27 599.0
⑳ Anmeldetag: 28. 6. 97
㉑ Offenlegungstag: 7. 1. 99

Int. Cl.⁶:
B 23 P 13/00
B 21 D 53/30
B 21 D 26/02
B 60 B 21/00

DE 197 27 599 A 1

⑦① Anmelder:
Volkswagen AG, 38440 Wolfsburg, DE

⑦② Erfinder:
Dietzel, Klaus, 38112 Braunschweig, DE; Lüders,
Katrin, 38120 Braunschweig, DE

⑤⑤ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:

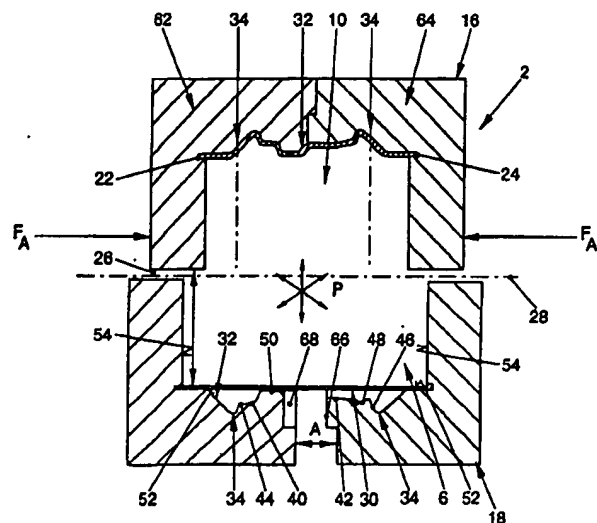
DE 41 02 139 C1
DE 195 48 109 A1
DE 43 37 517 A1
DE 26 47 464 A1
US 39 07 371
EP 00 89 520 A2

ZERRES, Eberhard: Pkw-Aluminiumfelgen werden
wirtschaftlich geschmiedet. In: Maschinenmarkt,
Würzburg 102, 1996, 7, S.44-47;
KUHN, Dietmar: Grundlegendes zur Technik des
Innenhochdruckumformens. In: Bänder, Bleche,
Rohre 7/8, 1996, S.14-24;
HANDGE, Lothar: Technik des
Innenhochdruckumformens
auf der Euro-Blech '96 in Hannover. In: Bänder,
Bleche, Rohre 12-1996, S.30-32;
RIEDEL, Gunter: Pressen für das
Innenhochdruckumformen. In: TR Transfer, Nr.8,
1996, S.20-24;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Verfahren zur Herstellung von Metallrädern

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von
Metallrädern mit einer ungeteilten Felge und einer Rad-
scheibe, insbesondere von Leichtmetallrädern für Kraft-
fahrzeuge, sowie ein Formwerkzeug zur Herstellung von
Felgen für Metallräder. Um die Anzahl der erforderlichen
Herstellungsschritte bei der Fertigung von Felgen für der-
artige Metallräder ohne Einschränkungen im Hinblick auf
deren Gewicht, Festigkeit und Formgenauigkeit zu verrin-
gern, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, ein zylindri-
sches Rohrstück (6) aus Metall in ein Formwerkzeug (2, 2',
4, 4') einzubringen, das Rohrstück (6) durch ein Innen-
hochdruckumformverfahren im Formwerkzeug (2, 2', 4,
4') aufzuweiten, um eine einzelne Felge (10) oder mehrere
miteinander verbundene Felgen (12) zu erzeugen, die
nach der Entnahme aus dem Formwerkzeug (2, 2', 4, 4')
jeweils mit der zugehörigen Radscheibe verbunden wer-
den.



DE 197 27 599 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Metallrädern mit einer ungeteilten Felge und einer Radscheibe, insbesondere von Leichtmetallrädern für Kraftfahrzeuge, sowie ein Formwerkzeug zur Herstellung von Felgen für Metallräder.

Metallräder für Kraftfahrzeuge werden gewöhnlich entweder aus Stahl oder aus Leichtmetall hergestellt und bestehen im Allgemeinen aus einer den Sitz für den Reifen bildenden Felge und einer die Felge mit einer Radnabe des Kraftfahrzeugs verbindenden Radscheibe oder einem Radstern mit entsprechender Funktion. Bei Personenkraftwagen finden nahezu ausschließlich Metallräder mit ungeteilten Felgen Verwendung.

Die Herstellung von Metallrädern mit ungeteilten Felgen erfolgt in Abhängigkeit vom Felgenmaterial und vom Radaufbau. Während als Scheibenräder ausgebildete Stahlräder gewöhnlich durch Verschweißen von zwei Preßteilen aus Stahlblech gefertigt werden, werden Leichtmetallräder entweder gegossen, geschmiedet oder aus Leichtmetallblech geschweißt, wie in VDI Nachrichten Nr. 46, November 1996, S. 33 offenbart.

Leichtmetallräder bieten gegenüber Stahlrädern vor allem den Vorteil eines geringeren Radgewichts, sind jedoch u. a. aufgrund einer erheblich größeren Anzahl von zeit- und arbeitsaufwendigen Herstellungsschritten immer noch erheblich teurer als Stahlräder.

Ausgehend hiervon liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung von Metallrädern und insbesondere von Leichtmetallrädern für Kraftfahrzeuge sowie ein Formwerkzeug für Felgen derartiger Metallräder zu entwickeln, mit denen sich die Anzahl der erforderlichen Herstellungsschritte bei der Felgenfertigung ohne Einschränkungen im Hinblick auf das Gewicht, die Festigkeit und die Formgenauigkeit der Felgen verringern läßt.

Im Hinblick auf das Verfahren wird die Aufgabe erfindungsgemäß durch die im Patentanspruch 1 oder 3 angegebene Merkmalskombination gelöst. Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich besonders dadurch aus, daß die Felge des Metallrads in einem Formwerkzeug durch Innenhochdruckumformen aus einem Rohrstück geformt wird, das entsprechend dem gewünschten Felgenprofil in einem Schritt auf einem Teil seiner Länge unterschiedlich stark aufgeweitet wird, um ein Felgenbett mit geringerem Durchmesser, zwei Felgenhörner mit maximalem Durchmesser und zwei zwischen dem mittleren Felgenbett und den äußeren Felgenhörnern angeordnete Felgenschultern zu erzeugen. Dabei ist es möglich, im Formwerkzeug entweder jeweils nur eine Felge oder zur Verringerung der Fertigungszeiten vorzugsweise mehrere hintereinander angeordnete und im Bereich ihrer Felgenhörner miteinander verbundene Felgen gleichzeitig unter Aufweitung umzuformen. Im zuletzt genannten Fall werden die Felgen nach ihrer Entnahme aus dem Formwerkzeug und vor der Bestückung mit der Radscheibe getrennt.

Zwar ist es grundsätzlich bereits bekannt, ein Rohrstück in ein Formwerkzeug einzulegen und durch Innenhochdruckumformen aufzuweiten, jedoch wurde dieses Herstellungsverfahren für Felgen von Metallrädern bisher nicht vorgeschlagen. Der Grund dafür liegt wahrscheinlich darin, daß derartige Felgen zwei durch einen Bereich mit kleineren Durchmessern (das Felgenbett und die beiden Felgenschultern) verbundene Stirnenden mit maximalem Durchmesser (die Felgenhörner) aufweisen, wohingegen beim Aufweiten mittels Innenhochdruckumformen in der Regel nicht die Stirnenden sondern ein zwischen den Stirnenden liegender Bereich aufgeweitet wird, während der Durchmesser der

Stirnenden konstant gehalten wird, diese unter Stauchung des Rohrstücks in axialer Richtung zusammenzudrücken, so daß sie einen Teil des für die Aufweitung benötigten Materials liefern.

Dieses Problem wird jedoch einerseits dadurch gemildert, daß man gemäß einer Alternative der Erfindung im Formwerkzeug aus einem Rohrstück mehrere hintereinander angeordnete und miteinander verbundene Felgen gleichzeitig fertigt, wobei jeweils die aneinandergrenzenden Felgenhörner zweier benachbarter Felgen einen aufgeweiteten Bereich bilden, der zwischen den im Durchmesser kleineren Felgenbetten dieser Felgen angeordnet ist.

Andererseits kann das Problem gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung dadurch vollständig überwunden werden, daß das Rohrstück eine Länge aufweist, die größer als die Breite der gefertigten Felge bzw. Felgen ist, und daß beim Aufweiten neben der Felge bzw. den Felgen zwei mit dieser bzw. diesen verbundene, an Felgenhörner der Felge bzw. der jeweils endseitigen Felgen angrenzende aufgeweitete Rohrabschnitte erzeugt werden, die sich in Richtung zweier nichtaufgeweiteter Stirnenden des Rohrstücks verjüngen und nach der Entnahme der Felge bzw. der Felgen aus dem Formwerkzeug von den endseitigen Felgen abgetrennt werden.

Das Abtrennen der Rohrabschnitte und das Trennen der aus einem Rohrstück gefertigten Felgen erfolgt bevorzugt nach der Entnahme aus dem Formwerkzeug durch Laserstrahltrennen oder durch Wasserstrahltrennen, wobei die Trennebenen im Bereich der maximalen Durchmesser senkrecht zur Mittelachse verlaufen. Beim Trennvorgang werden die Felgen und die damit verbundenen Rohrabschnitte gedreht, um sie in Umfangsrichtung an einem stationären Trennwerkzeug, zum Beispiel einem Laser oder einer Hochdruckwasserstrahldüse entlangzubewegen.

Zur Durchführung des Formvorgangs durch Hochdruckkinnenumformen wird das Rohrstück gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung in ein Formwerkzeug eingebracht, dessen Wände im wesentlichen rotationssymmetrisch zu einer Mittelachse des Rohrstücks sind, wobei ihr Profil in axialer Richtung im wesentlichen dem Profil von einer oder mehreren Felgen entspricht. Nach dem Schließen des Formwerkzeugs wird das Rohrstück vorzugsweise in einem einzigen Formgebungsschritt umgeformt, um eine oder mehrere miteinander verbundene Felgen zu erzeugen. Um dies zu erreichen, weist das Formwerkzeug mindestens zwei in axialer Richtung im Abstand angeordnete Bereiche mit maximalem Durchmesser auf, die jeweils einem Felgenhorn bzw. zwei aneinandergrenzenden Felgenhörnern entsprechen und zwischen sich einen Bereich mit kleineren Durchmessern begrenzen, der dem Felgenbett und den beiden Felgenschultern sowie flankenartigen Übergängen zwischen dem Bett und den Schultern bzw. zwischen den Schultern und den Hörnern entspricht.

Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß der Bereich mit den kleineren Durchmessern einen kleinsten Durchmesser aufweist, der dem späteren Felgenbett entspricht und im wesentlichen denselben Durchmesser wie das zylindrische Rohrstück aufweist, so daß zum einen das Rohrstück während des Umformens an dieser Stelle im Formwerkzeug geführt und zum anderen das Maß der Aufweitung möglichst klein gehalten wird.

Das Aufweiten des Rohrstücks zur Felge kann sowohl im geschlossenen Formwerkzeug als auch durch Aufweitstauchen erfolgen, wobei in beiden Fällen längsgeteilte Formwerkzeuge Verwendung finden, um eine Entnahme der Felge bzw. Felgen zu ermöglichen. Beim Aufweitstauchen ist das Formwerkzeug außerdem quergeteilt.

Das als Ausgangsmaterial für die Felge bzw. Felgen ver-

wendete zylindrische Rohrstück bevorzugt aus Leichtmetall, da sich Stahlräder zweckmäßiger durch Pressen herstellen lassen. Grundsätzlich eignen sich aus Stahlblech bestehende Rohrstücke jedoch ebenfalls zur Herstellung von Felgen durch Innenhochdruckumformen. Das zylindrische Rohrstück kann vor dem Einbringen in das Formwerkzeug in der benötigten Länge von einem vorgefertigten Rohr abgetrennt werden, das zur Erhöhung der Festigkeit und zur Vermeidung von Schweißnähten vorzugsweise durch Walzen oder Strangpressen hergestellt worden ist. Grundsätzlich können jedoch an Stelle von nahtlosen Rohren auch geschweißte Rohre verwendet werden, da die Schweißnaht im Formwerkzeug durch das Anpressen gegen die Wand geglättet wird.

Im folgenden wird die Erfindung anhand mehrerer in der Zeichnung dargestellter Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Schnittansicht durch ein Formwerkzeug vor und nach einem Umformen eines Rohrstücks zu einer einzelnen Felge während eines Innenhochdruckumformverfahrens durch Aufweitstauchen;

Fig. 2 eine schematische Schnittansicht durch ein Formwerkzeug vor und nach einem Umformen eines Rohrstücks zu einer Mehrzahl von miteinander verbundenen Felgen während eines Innenhochdruckumformverfahrens durch Aufweiten im geschlossenen Formwerkzeug.

Fig. 3 eine Schnittansicht ähnlich Fig. 1, jedoch durch ein abgewandeltes Formwerkzeug zum Aufweitstauchen;

Fig. 4 eine Schnittansicht ähnlich Fig. 2, jedoch durch ein abgewandeltes Formwerkzeug zum Aufweiten im geschlossenen Werkzeug;

Fig. 5 eine schematische Schnittansicht für eine weitere Formwerkzeugalternative. Die in der Zeichnung schematisch dargestellten Formwerkzeuge 2, 2', 4, 4' dienen zur Herstellung von Felgen für Metallräder, wie beispielsweise Kraftfahrzeugräder, durch Innenhochdruckumformen eines zylindrischen Rohrstücks 6. Die unteren Hälften der Figuren unterhalb einer Längs- oder Mittelachse 8 des Formwerkzeugs 2, 2', 4, 4' und des Rohrstücks 6 zeigen jeweils das Formwerkzeug 2, 2', 4, 4' vor dem Umformen des in das Formwerkzeug 2, 2', 4, 4' eingelegten Rohrstücks 6, während die oberen Hälften das Formwerkzeug 2, 2', 4, 4' mit dem umgeformten und dabei aufgeweiteten Rohrstück 6 zeigen.

Während die in Fig. 1 und 3 dargestellten Formwerkzeuge 2, 2' zur Herstellung jeweils einer Felge 10 dienen, werden in den in Fig. 2 und 4 dargestellten Formwerkzeugen 4, 4' gleichzeitig mehrere in Längsrichtung des Rohrstücks 6 hintereinander angeordnete und miteinander verbundene Felgen 12 geformt, die nach der Entnahme aus dem Formwerkzeug 4, 4' entlang von Trennebenen 14 voneinander getrennt werden. Die senkrecht zur Mittelachse 8 des Rohrstücks 6 verlaufenden, in Fig. 2 und 4 mit zweistrichpunktlierten Linien dargestellten Trennebenen 14 sind jeweils an den Stellen der maximalen Durchmesser des umgeformten Rohrstücks 6 angeordnet, d. h. an den Stellen, an denen die Felgenhörner zweier benachbarter Felgen 12 aneinanderstoßen.

Um das Einlegen des Rohrstücks 6 in das Formwerkzeug 2, 2', 4, 4' zu erleichtern und die Entnahme der Felge 10 bzw. der Felgen 12 zu ermöglichen, sind sämtliche Formwerkzeuge 2, 2', 4, 4' längsgeteilt. Die Formwerkzeuge 2, 2', 4, 4' weisen somit jeweils zwei einander in radialer Richtung gegenüberliegende Formwerkzeughälften 16, 18 auf, die in dem in den Figuren dargestellten geschlossenen Zustand einen rotationssymmetrischen Hohlraum 20 zur Aufnahme des Rohrstücks 6 begrenzen und sich entlang einer zu den Trennebenen 14 senkrechten, die Mittelachse 8 enthaltenden

Ebene öffnen lassen.

An oder in der Nähe der beiden Enden 22, 24 des Rohrstücks 6 erstreckt sich jeweils ein Kanal 26, 28 durch das Formwerkzeug 2, 2', 4, 4' hindurch, dessen eines Ende ins Innere des vom Rohrstück umschlossenen Teils des Hohlraums 20 mündet. Das andere Ende des Kanals 26, 28 ist mit einem unter Druck stehenden Fluid, wie beispielsweise Wasser, Öl oder einem Öl/wasser-Gemisch beaufschlagbar, dessen Druck so gewählt ist, daß er die Wand 30 des Rohrstücks 6 unter plastischer Verformung radial aufweitet, so daß sich diese gegen die den Hohlraum 20 begrenzende Innenwand 32 des Formwerkzeugs 2, 2', 4, 4' anlegt. Die Innenwand 32 der beiden Formwerkzeughälften 16, 18 weist im Längsschnitt in jeder von der Mittelachse 8 und einem Radius R des Rohrstücks 6 aufgespannten Ebene ein Profil auf, das auf einem Teil der Länge des Rohrstücks 6 dem Profil der herzustellenden Felge 10 (Fig. 1 und 3) oder Felgen 12 (Fig. 2 und 4) entspricht und mindestens zwei Bereiche 34 mit maximalem Durchmesser aufweist, welche den Felgenhörnern der Felge 10 oder Felgen 12 entsprechen und jeweils durch einen Bereich 36 mit kleineren Durchmessern, entsprechend dem Felgenbett und den Felgenschultern getrennt sind. Im einzelnen weist das Profil zwischen den beiden Bereichen 34 mit maximalem Durchmesser zwei steile Flanken 44, 46 auf, die in jeweils eine den Felgenschultern entsprechende Abflachung 40, 42 übergehen. Eine der Abflachungen 40, 42 weist zur Ausbildung des sogenannten Felgenhumps eine umlaufende Rille 48 auf. Zwischen den beiden Abflachungen 40, 42 ist ein in radialer Richtung nach innen vorstehender Vorsprung 50 angeordnet, dessen Boden den Bereich mit dem kleinsten Durchmesser bildet und im wesentlichen denselben Durchmesser wie das Rohrstück 6 aufweist. Dieser Bereich entspricht dem späteren Felgenbett, an dem die Radscheibe festgeschweißt wird.

In axialem Anschluß an das Felgenprofil (Fig. 1 und 3) bzw. an die beiden äußeren der vier Felgenprofile (Fig. 2 und 4) weist die Innenwand 32 des Formwerkzeugs 2, 2', 4, 4' jeweils einen Abschnitt 52 auf, der sich vom jeweils äußersten Bereich 34 mit maximalem Durchmesser zum Formen des jeweils äußersten Felgenhorns in Richtung einer benachbarten Stirnwand 54 des Hohlraums 20 verjüngt und angrenzend an die Stirnwand 54 einen Innendurchmesser aufweist, der dem Außendurchmesser des Rohrstücks 6 entspricht.

Diese beiden Abschnitte 52, deren Breite zusammen mit der Breite des Felgenprofils (Fig. 1 und 3) bzw. der vier Felgenprofile (Fig. 2 und 4) der Länge des Rohrstücks 6 entspricht, bilden jeweils einen Übergang, der es ermöglicht, während der Umformung mit dem Hochdruckfluid eine axiale Kraft auf die Stirnenden 22, 24 des Rohrstücks 6 auszuüben, um diese unter Verkürzung des Rohrstücks 6 zusammenzudrücken. Dies ermöglicht es, etwas Material in die aufgeweiteten Teilbereiche 34, 40, 42, 44, 46 nachzuführen, um die Abnahme der Wandstärke in diesen Bereichen möglichst klein zu halten.

Die in Fig. 1 und 3 dargestellten Formwerkzeuge 2, 2' sind nicht nur längs- sondern auch quergeteilt und bestehen aus zwei in axialer Richtung hintereinander angeordneten Formwerkzeugteilen 62, 64, 62', 64', auf die während der Aufweitung des Rohrstücks 6 durch das unter Druck stehende Fluid in dem vom Rohr umschlossenen Teil des Hohlraums 20 in Richtung der Mittelachse 8 entgegengesetzte Axialkräfte F_A aufgebracht werden. Das Öffnungsmaß A zwischen den beiden Formwerkzeugteilen 62, 64, 62', 64' entspricht der Differenz zwischen der Länge des zylindrischen Rohrstücks 6 einerseits und der Breite der fertigen Felge 10 plus der Länge der beiden Rohrabchnitte zwi-

schen den Felgenhörnern und den benachbarten Stirnwänden 54. Das Formwerkzeug 2 wird mit fortschreitender Aufweitung nach und nach geschlossen, wobei sich die aufgeweitete Wand 30 des Rohrstücks 6 an die Innenwand 32 des Formwerkzeugs 2, 2' anschmiegt. Um die Führung der beiden Teile 62, 64, 62', 64' in Richtung der Mittelachse 8 zu verbessern, weist das eine Teil 62, 62' an seiner dem anderen Teil 64, 64' zugewandten Stirnfläche eine umlaufende Ringschulter 66, 66' auf, die in eine entsprechende umlaufende Nut 68, 68' in der gegen überliegenden Stirnfläche des anderen Teils 64, 64' eingreift.

Demgegenüber sind die beiden Formwerkzeughälften 16, 18 des längsteilten Formwerkzeugs 4, 4' bei dem in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel einstückig ausgebildet und werden während der Beaufschlagung mit Druckfluid stationär festgehalten. Das Formwerkzeug 4, 4' weist zwei Stirnwände 54 auf, die von den gegenüberliegenden Stirnflächen zweier axial verschiebbarer Stempel 72 gebildet werden, deren Außendurchmesser dem Außendurchmesser des Rohrstücks 6 entspricht. Die Stempel 72 sind mit entgegengesetzten Axialkräften F_A beaufschlagbar, um das Rohrstück 6 während der Aufweitung in axialer Richtung zu stauchen, so daß den aufgeweiteten Bereichen 34, 40, 42, 44, 48 Material zugeführt werden kann.

Die Zufuhr des Druckfluids ins Innere des vom Rohrstück 6 und den gegenüberliegenden Stirnwänden 54 der Formteile 62, 64, 62', 64' bzw. der Stempel 72 begrenzten Teils des Hohlraums 20 erfolgt durch die beiden Kanäle 26, 28, welche die Formteile 62, 64, 62', 64' bzw. die Stempel 72 konzentrisch zur Mittelachse 8 durchsetzen und ins Rohrinne münden. Die beiden Kanäle 26, 28 sind über nicht dargestellte Leitungen mit einer Hochdruckpumpe verbunden, die das Druckfluid ins Rohrinne fördert und dort nach dem Auffüllen mit Druckfluid einen Druck aufbaut, der ausreichend hoch ist, um die Wand des Rohrstücks 6 in einem Schritt so weit aufzuweiten, daß sie sich gegen die Innenwand 32 des Formwerkzeugs 2, 2', 4, 4' anlegt. Synchron zum Druckaufbau wird die Kraft F_A auf die Stempel 72 bzw. die Formteile 62, 64, 6', 64' geregelt, um eine gezielte Umformung unter Aufweitung und gleichzeitiger Stauchung in axialer Richtung zu erzeugen. Um die Zufuhr großer Mengen Druckfluid ins Innere des Hohlraums 20 zu vermeiden, können sich über die beiden Stirnwände 54 der Formteile 62', 64' bzw. der Stempel 72 überstehende Fortsätze 82, 84 ins Rohrinne erstrecken, wie in Fig. 3 und 4 dargestellt. Die Fortsätze 82, 84 können beispielsweise aus einem starren Hohlzylinder bestehen, dessen Außendurchmesser etwas kleiner als die Innendurchmesser des Rohrstücks 6 ist, so daß zwischen den Fortsätzen 82, 84 und der Innenwand 86 des Rohrstücks 6 ein umlaufender Spalt 88 von mehreren Zentimetern Stärke gebildet wird, der sich mit dem Druckfluid füllen kann. Die Stirnwand 90 des Hohlzylinders kann zwecks höherer Druckfestigkeit gerundet sein. Um die Wandstärke zu verringern, kann der Hohlzylinder mit einer inkompressiblen Flüssigkeit gefüllt sein. Der Abstand zwischen den beiden gegenüberliegenden Stirnwände 90 der Fortsätze 82, 84 ist ausreichend groß, so daß auch nach dem Zusammendrücken der Formteile 62', 64' bzw. der Stempel 72 zwischen diesen ein Spalt 92 freibleibt. Die Zufuhr des Druckfluids erfolgt durch die entlang der Mittelachse 8 durch die Fortsätze 82, 84 hindurch verlängerten Kanäle 26, 28.

Das als Ausgangsmaterial für das Umformverfahren dienende, aus Leichtmetall bestehende Rohrstück 6 wird vorzugsweise in der benötigten Länge von einem Leichtmetallrohr abgetrennt, dessen Wandstärke im wesentlichen der Materialstärke der späteren Felge 10 bzw. Felgen 12 entspricht oder wegen der beim Aufweiten etwas abnehmenden

Wandstärke ggf. geringfügig größer ist und dessen Innendurchmesser im wesentlichen dem Außendurchmesser der späteren Felge 10 bzw. Felgen 12 im Bereich ihres kleinsten Durchmessers, d. h. im Felgenbett entspricht, so daß dort im wesentlichen keine Aufweitung stattfindet. Die Länge des Rohrstücks 6 wird so gewählt, daß sie der Breite von einer als Einzelstück geformten Felge 10 oder von mehrerer gemeinsam geformten Felgen 12 sowie zusätzlich etwa einer Felgenbreite entspricht. Die zusätzliche Felgenbreite wird für zwei Rohrabchnitte 94 an den entgegengesetzten Stirnenden des Rohrstücks 6 benötigt, welche als Übergang vom ursprünglichen Rohrdurchmesser an den beiden Stirnflächen des Rohrstücks 6 zum größten Aufweitungsdurchmesser an den jeweils benachbarten Felgenhörnern dienen und eine Beaufschlagung der beiden Stirnflächen des Rohrstücks 6 mit den aufeinander zu gerichteten Axialkräften F_A ermöglichen.

Das als Halbzeug eingekaufte oder vor dem Umformen im Zuge der Radherstellung hergestellte Leichtmetallrohr wird bevorzugt nahtlos durch Strangpressen oder Walzen gefertigt, kann jedoch auch durch Biegen und Schweißen eines ebenen Leichtmetallblechs gefertigt werden.

Nach dem Abtrennen der beiden äußeren Rohrabchnitte und dem Trennen der Felgen, z. B. durch Wasserstrahltrennen oder Laserstrahltrennen, werden diese mit vorgefertigten Radscheiben (nicht dargestellt) verbunden, die zum Beispiel aus Leichtmetallblech ausgestanzt und durch Pressen geformt, gegossen, geschmiedet oder auf beliebige andere Weise aus Leichtmetall hergestellt werden können. Die Verbindung zwischen der Felge und der Radscheibe erfolgt am besten durch Schweißen, vorzugsweise durch Laserstrahlschweißen, Reibschweißen, MIG/WIG-Schweißen mit und ohne Zusatzwerkstoffe oder Plasmaschweißen, jedoch können grundsätzlich auch andere Fügeverfahren eingesetzt werden.

Nach einer anschließenden Wärmebehandlung zum Tempern der Schweißnähte werden die Radscheibe und die Felge im Bereich der Schweißnaht spanend nach bearbeitet und die Befestigungslöcher in der Radscheibe und die Ventilöffnung in der Felge gebohrt. Den Abschluß des Herstellungsverfahrens bilden ein nachfolgendes Glanzdrehen und ein Beschichten des endbearbeiteten Metallrades mit Klarlack.

Alternativ zu der im Zusammenhang mit Fig. 1 beschriebenen Verfahrensweise ist auch eine Parallelanordnung von Rohrstücken 6.1 bis 6.n (n ist eine beliebige wählbare natürliche Zahl) in einem gemeinsamen Formwerkzeug 2" möglich, wie sie in Fig. 5 grob skizziert ist. Aus Übersichtlichkeitsgründen ist hier auf die Darstellung von Schnittlinien zwischen Werkzeugsegmenten, die zum Zwecke der Entnahme der Felgen 10.1 bis 10.n voneinander entfernbar sind, verzichtet worden. Die für die Umformung in dem Formwerkzeug 2" notwendige Verfahrensweise ist Gegenstand des Anspruchs 25.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Metallrädern mit einer ungeteilten Felge und einer Radscheibe oder einem Radstern, insbesondere von Leichtmetallrädern für Kraftfahrzeuge, umfassend die Schritte:

- Formen eines zylindrischen Rohrstücks (6) aus Metall,
- Einbringen des Rohrstücks (6) in ein Formwerkzeug (2, 2'),
- Aufweiten des Rohrstücks (6) im Formwerkzeug (2, 2') durch Innenhochdruckumformen zur Erzeugung der Felge (10),

- Verbinden der Felge (10) mit der getrennt gefertigten Radscheibe oder mit dem Radstern nach einer Entnahme der Felge (10) aus dem Formwerkzeug (2, 2').
- 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Rohrstück (6) eine Länge aufweist, die größer als die Breite der erzeugten Felge (10) ist, daß beim Aufweiten neben der Felge (10) zwei mit dieser zusammenhängende, Felgenhörnern der Felge (10) benachbarte Rohrabschnitte (94) angrenzend an die Felgenhörner aufgeweitet werden, während ihr Durchmesser an den Stirnenden (22, 24) des Rohrstücks (6) konstant bleibt, und daß die beiden Rohrabschnitte (94) nach der Entnahme aus dem Formwerkzeug (2, 2') abgetrennt werden.
- 3. Verfahren zur Herstellung von Metallrädern mit einer ungeteilten Felge und einer Radscheibe oder einem Radstern, insbesondere von Leichtmetallrädern für Kraftfahrzeuge, umfassend die Schritte:
 - Formen eines zylindrischen Rohrstücks (6) aus Metall,
 - Einbringen des Rohrstücks (6) in ein Formwerkzeug (4, 4'),
 - Aufweiten des Rohrstücks (6) im Formwerkzeug (4, 4') durch Innenhochdruckumformen zur Erzeugung mehrerer miteinander verbundener Felgen (12),
 - Trennen der Felgen (12) nach einer Entnahme aus dem Formwerkzeug (4, 4'), - Verbinden der Felgen (12) mit jeweils einer Radscheibe oder einem Radstern.
- 4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Rohrstück (6) eine Länge aufweist, die größer als die Breite der erzeugten Felgen (12) ist, daß beim Aufweiten neben den miteinander verbundenen Felgen (12) zwei mit diesen zusammenhängende, äußeren Felgenhörnern der jeweils äußersten Felgen (12) benachbarte Rohrabschnitte (94) angrenzend an die Felgenhörner aufgeweitet werden, während ihr Durchmesser an den Stirnenden (22, 24) des Rohrstücks (6) konstant bleibt, und daß die beiden Rohrabschnitte (94) nach der Entnahme aus dem Formwerkzeug (4, 4') abgetrennt werden.
- 5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die miteinander verbundenen Felgen (12) bzw. die Rohrabschnitte (94) in den Bereichen (34) der maximalen Durchmesser senkrecht zur Mittelachse (8) des Rohrstücks (6) durchtrennt bzw. abgetrennt werden.
- 6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Felge (10) bzw. die miteinander verbundenen Felgen (12) beim Durchtrennen bzw. beim Abtrennen der Rohrabschnitte (94) gedreht werden, um ein Trennwerkzeug an ihrem Umfang entlangzubewegen.
- 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Trennung der miteinander verbundenen Felgen (10) bzw. das Abtrennen der Rohrabschnitte (94) durch mindestens einen Wasserstrahl erfolgt.
- 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Trennung der miteinander verbundenen Felgen (10) bzw. das Abtrennen der Rohrabschnitte (94) durch mindestens einen Laserstrahl erfolgt.
- 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Rohrstück (6) in ein Formwerkzeug (2, 2', 4, 4') eingebracht wird, dessen

- Innenwände (32) rotationssymmetrisch zu einer Mittelachse (8) des Rohrstücks (6) sind, wobei ihr Profil in axialer Richtung im wesentlichen dem Profil von einer oder mehreren Felgen (10, 12) entspricht, und daß das Rohrstück im Formwerkzeug (2, 2', 4, 4') in einem Schritt umgeformt wird, um eine oder mehrere miteinander verbundene Felgen (10, 12) zu erzeugen.
- 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Formwerkzeug (2, 2', 4, 4') mindestens zwei in axialer Richtung im Abstand angeordnete Bereiche (34) mit maximalem Durchmesser aufweist, die jeweils einen Bereich (32) mit kleineren Durchmessern begrenzen.
- 11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß ein kleinster Durchmesser des Bereichs (32) mit den kleineren Durchmessern im wesentlichen dem Durchmesser des zylindrischen Rohrstücks (6) entspricht.
- 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Rohrstück (6) im geschlossenen Formwerkzeug (4, 4') aufgeweitet wird.
- 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Rohrstück (6) durch Aufweitstauchen aufgeweitet wird.
- 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß das zylindrische Rohrstück (6) vor dem Einbringen in das Formwerkzeug (2, 2', 4, 4') in der benötigten Länge von einem vorgefertigte Rohr abgetrennt wird.
- 15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß das zylindrische Rohrstück (6) von einem durch Walzen oder Strangpressen hergestellten nahtlosen Rohr abgetrennt wird.
- 16. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß das zylindrische Rohrstück (6) vor dem Einbringen in das Formwerkzeug von einem geschweißten Rohr abgetrennt oder durch Biegen und Schweißen aus einem ebenen Blech geformt wird.
- 17. Formwerkzeug (2, 2', 4, 4') zur Herstellung einer oder mehrerer ungeteilter Felgen (10, 12) für Metallräder aus einem zylindrischen Rohrstück (6) im Innenhochdruckumformverfahren, umfassend:
 - zwei Formwerkzeugteile (16, 18), die einen rotationssymmetrischen Hohlraum (20) zur Aufnahme des Rohrstücks (6) begrenzen und parallel zu einer Mittelachse (8) des Rohrstücks (6) trennbar sind,
 - mindestens einen an einem der Stirnenden (22, 24) des Rohrstücks (26) durch das Formwerkzeug hindurch ins Innere des Rohrstücks (6) mündenden Kanal, der mit einem unter Druck stehenden Fluid beaufschlagbar ist,
 - wobei eine den Hohlraum (20) begrenzende Innenwand (32) der beiden Formwerkzeugteile (16, 18) parallel zur Mittelachse (8) ein Profil aufweist, das auf einem Teil der Länge des Rohrstücks (6) dem Profil der herzustellenden Felge (10) oder Felgen (12) entspricht und mindestens zwei Bereiche (34) mit größerem Durchmesser aufweist, die durch einen Bereich (32) mit kleineren Durchmessern getrennt sind.
- 18. Formwerkzeug nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Innenwand (32) im Anschluß an das Felgenprofil jeweils einen Abschnitt (52) aufweist, der sich von einem der Stirnwand (54) des Hohlraums (20) benachbarten Bereich (34) mit maximalem Durchmesser in Richtung der Stirnwand (54) verjüngt und angrenzend an die Stirnwand (54) einen Durchmesser

aufweist, der dem Durchmesser des Rohrstücks (6) entspricht.

19. Formwerkzeug nach Anspruch 17 oder 18, gekennzeichnet durch einen Vorsprung (82, 84), der sich von mindestens einer der Stirnwände (54) aus ins Innere des Rohrstücks (6) erstreckt, um das zuzuführende Druckfluidvolumen zu verringern.

20. Formwerkzeug nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Vorsprung (82, 84) rotations-symmetrisch ist.

21. Formwerkzeug nach Anspruch 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, daß der Vorsprung (82, 84) mindestens die Hälfte des vom Rohrstück (6) umschlossenen Teils des Hohlraums (20) füllt.

22. Formwerkzeug nach einem der Ansprüche 17 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Stirnwände (54) des Hohlraums (20) von axial verschiebbaren Stempeln (72) gebildet werden.

23. Formwerkzeug nach einem der Ansprüche 17 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß es quergeteilt ist, und daß mindestens eines der Teile (62, 62'; 64, 64') während der Beaufschlagung des Rohrinne-
ren mit Druckfluid in Richtung der Mittelachse (8) auf das andere Teil (64, 64'; 62, 62') zu verschiebbar ist.

24. Radfelge für ein Metallrad, dadurch gekennzeichnet, daß sie durch ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16 ohne den Schritt eines Verbindens mit einer getrennt gefertigten Radscheibe oder einem Radstern hergestellt ist.

25. Verfahren zur Herstellung von Metallrädern mit einer ungeteilten Felge und einer Radscheibe oder einem Radstern, insbesondere von Leichtmetallrädern für Kraftfahrzeuge, umfassend die Schritte:

- Formen mehrerer Rohrstücke (6.1-6.n) aus Metall,
- Einbringung der Rohrstücke (6.1-6.n) in ein Formwerkzeug (2, 2', 2''),
- weitgehend gleichzeitiges Aufweiten der Rohrstücke in dem Formwerkzeug (2, 2', 2'') durch Innenhochdruckumformung zur Erzeugung der Felgen (10),
- Verbinden der Felgen (10) mit den getrennt gefertigten Radscheiben oder mit den Radsternen nach Entnahme der Felgen (10) aus dem Formwerkzeug.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

50

55

60

65

- Leersatz -

THIS PAGE BLANK (USPTO)

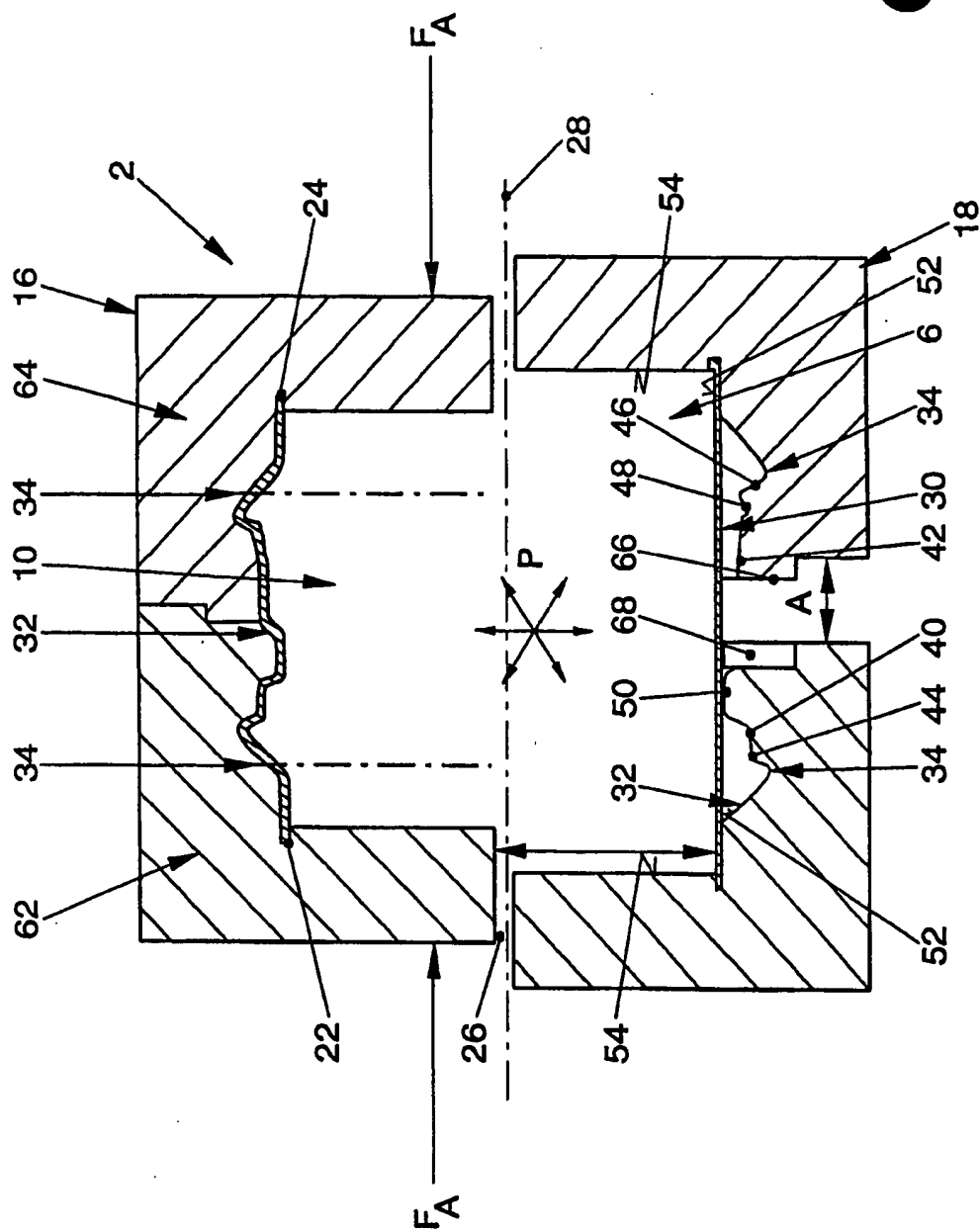
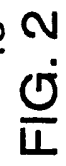


FIG. 1



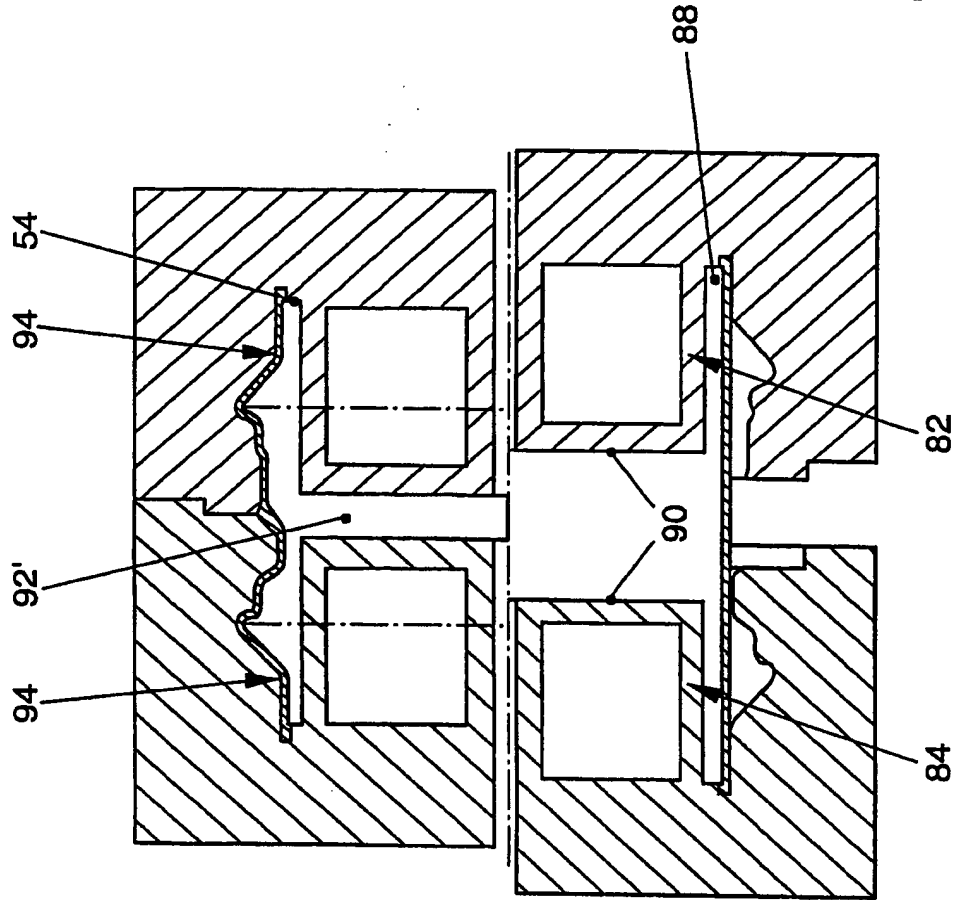


FIG. 3

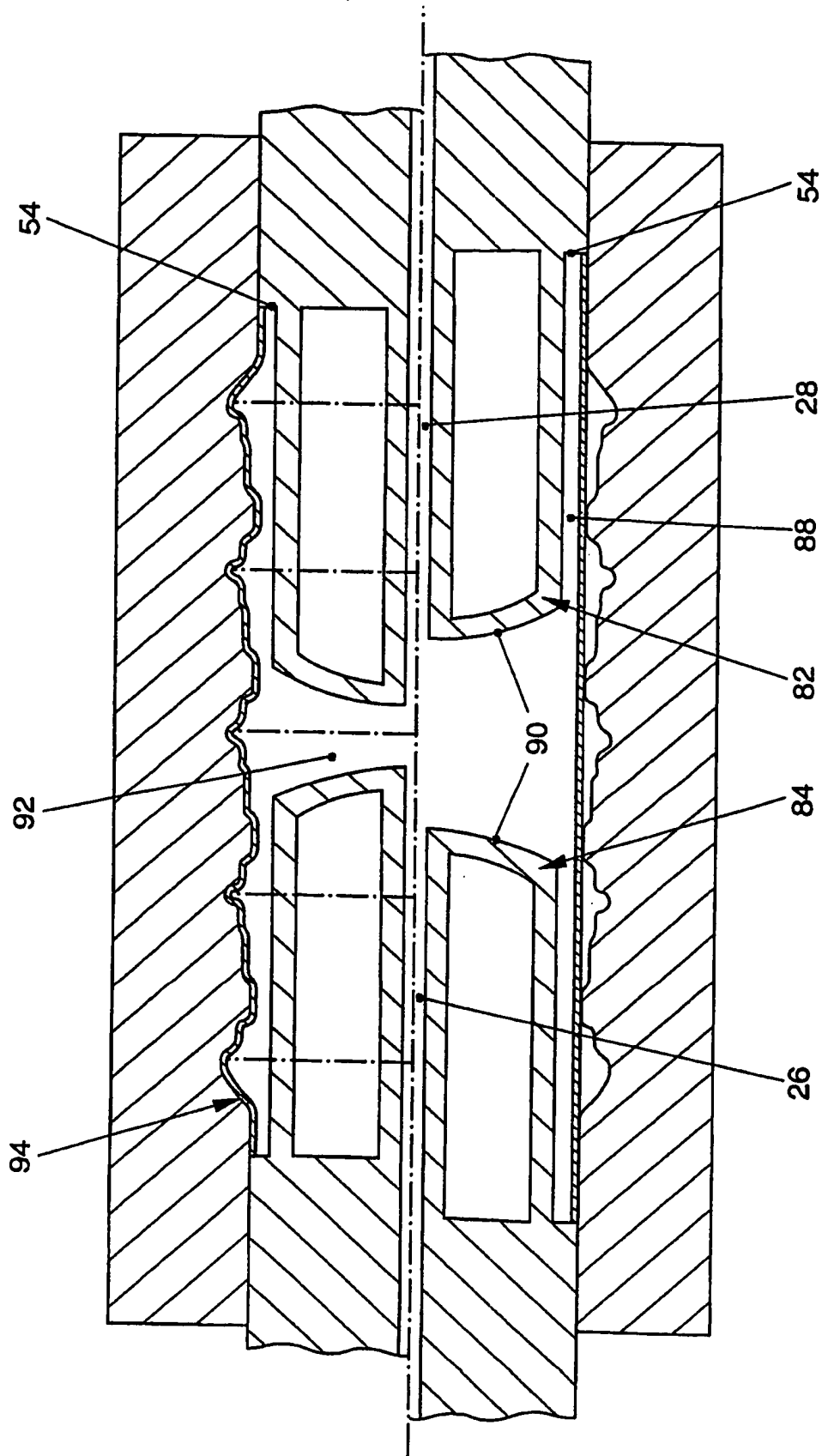


FIG. 4

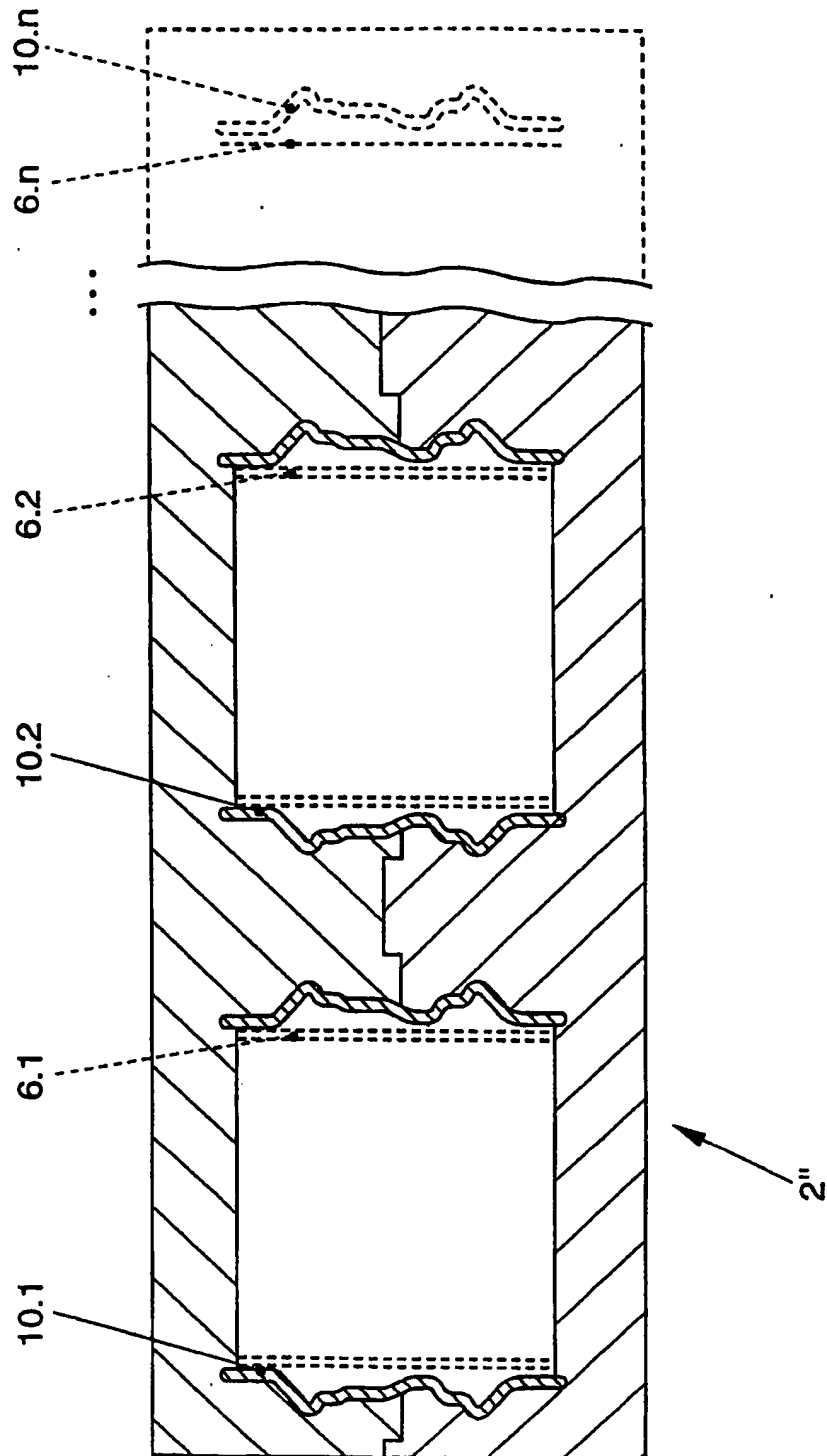


FIG. 5

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.